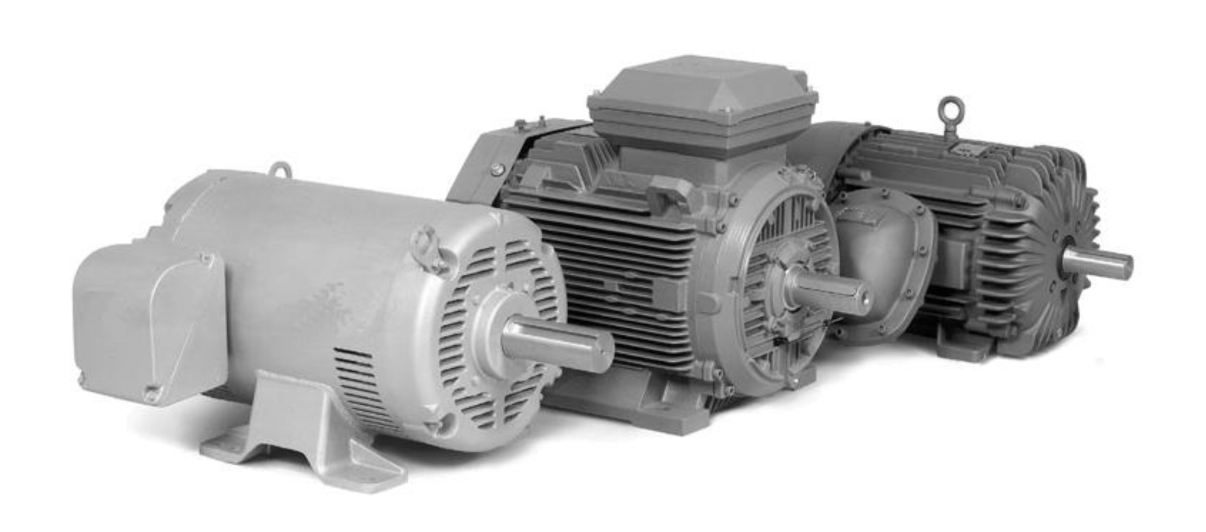
Предварительное определение мощности асинхронного трехфазного двигателя до 100 кВт
с короткозамкнутым ротором по размеру статора при ремонте.
К расчету всыпной обмотки асинхронного двигателя при ремонте.
Для электродвигателей охлаждением вентилятором на валу (IP44 – 55).



Rev. 13   12 Oct 2022 (2579 0.06 - 110)

В начале эры асинхронных двигателей в начале 20 века, нижеприведенная формула предложена немецким инженером Арнольдом, так как из множеств различных допущений и конструкций первых асинхронных моторов инженерам-конструкторам надо было на что-то опираться при расчетах. На сегодняшний день нет единого подхода к выбору главных размеров электрической машины. Формула является приближенной и подходит только к моторам общего применения. Например, к расчету двигателя кратковременного режима работы или длинного, с малым диаметром статора, интенсивно охлаждаемом водой скважинного погружного насоса она не подойдет. Однако если у вас в руках статор обычного, не специального какого-либо двигателя, то конструктор, создавший его с большой вероятностью, ориентировался на формулу Арнольда, в которой существует зависимость мощности от диаметра, длины статора и количества оборотов.

Ниже приводится методика предварительной оценки мощности асинхронного двигателя до 100 *кВт* обдуваемого вентилятором на валу продолжительного режима работы (S1) с короткозамкнутым ротором, класс изоляции F и при отсутствии паспорта данных на ремонтируемый двигатель. График составлен составлен на основе данных 2579 двигателей от 0,06 до 110 *кВт* общего применения.

При оценке предварительной мощности в данном документе не используется внешний диаметр и высота спинки статора, имеющая важное значение. При дальнейшем расчете мощность может оказаться заметно иной предварительной оценки, особенно при пересчете двигателя на другую скорость вращения из-за неспособности спинки статора пропускать необходимый магнитный поток.

Для приближенной оценки мощности мотора по статору возможно определить по значению *постоянной К*, зависящей от длины статора, диаметра расточки, количества оборотов. Эта оценка является предварительной для определения значений параметров, таких как например индукция в статоре и в воздушном зазоре при расчете обмотки на имеющемся статоре. В последующем окончательная мощность уточняется при дальнейшем расчете. Здесь под слово "*постоянной*" имеется ввиду некоторое значение, которое обозначим буквой "*К*"

Формула для подсчета:

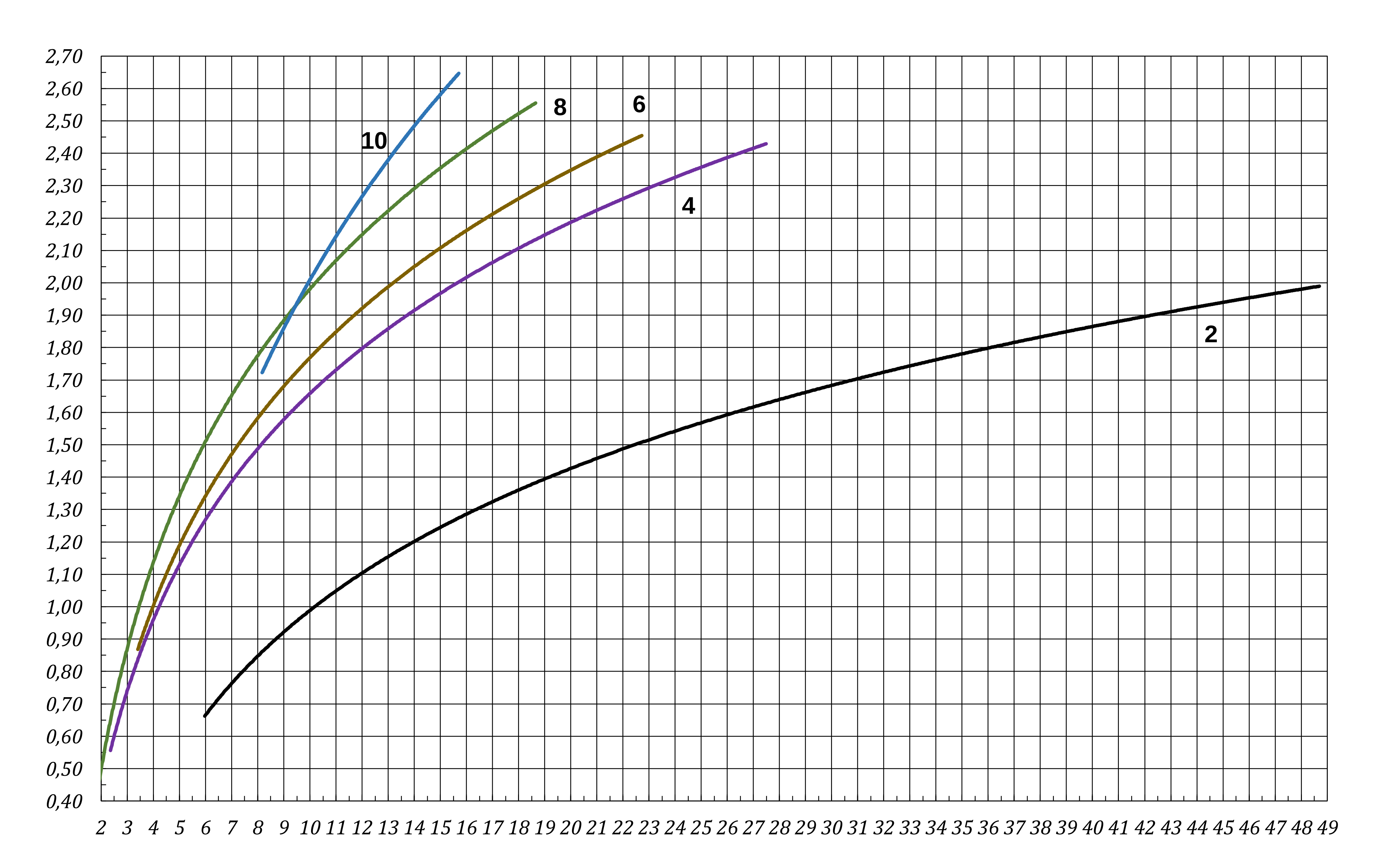
$$P\text{кВт} = \frac{K \times Di^2 \times L \times n}{10^6}$$

где: PкВт – мощность на валу, K – значение, найденное по таблице в зависимости от размера полюсного деления и количества полюсов мотора, Di^2 – внутренний диаметр статора, возведенный в степень 2 (в квадрате), в *см*., L – длина статора, в *см*., n – синхронная скорость вращения, *об. мин*.

Полюсное деление статора, длина части окружности внутреннего диаметра статора занимаемой полюсом:

$$\tau = \frac{\pi \times Di}{2p}$$

τ – полюсное деление по окружности расточки статора, часть длины окружности занимаемой одним полюсом, в *см*., Di – внутренний диаметр, в *см*., $2p$ – количество полюсов.



вертикальная ось – коэффициент *K*, внизу, горизонтальная ось – полюсное деление в сантиметрах,
цифра рядом с кривой линией указывает количество полюсов.

Пример 1. Определить мощность на валу электродвигателя по данным сердечника:

Di = 26,5 *см.*, l = 17 *см.*, n = 1500 *об. мин*. (синхронная скорость)

Решение.

Число пар p полюсов машины:

$$p = \frac{60 \times f}{n} = \frac{60 \times 50}{1500} = \frac{3000}{1500} = 2$$

то есть 4 полюса, где f – частота сети питания (50 *гц.*), n – количество оборотов в минуту, синхронных.

Или для 50 *гц.*:

$$2p = \frac{120 \times f}{n} = \frac{6000}{1500} = 4 \text{ полюса}$$

Полюсное деление машины:

$$\tau = \frac{\pi \times Di}{2p} = \frac{3{,}14 \times 26{,}5}{4} = 20{,}8 \text{ см.}$$

На рисунке на нижней линии находим значение полюсного деления 20,8 *см.*, далее проведя воображаемую линию вверх, до пересечения с кривой линией, соответствующей количеству полюсов, в левой части на вертикальной линии находим подходящий коэффициент *К.*

при $2p = 4$ и $\tau = 20{,}8$ *см*. примем по таблице $K \approx 2{,}22$

Приближенно мощность на валу машины, в *кВт*:

$$P = \frac{K \times Di^2 \times L \times n}{10^6} = \frac{2{,}22 \times 26{,}5^2 \times 17 \times 1500}{1000000} = \frac{2{,}22 \times 702{,}25 \times 17 \times 1500}{1000000} = \frac{39754372{,}5}{1000000} \approx 39{,}75 \text{ кВт.}$$

Пример 2. Определить мощность на валу электродвигателя по данным сердечника:

Di = 15,8 *см.*, l = 16 *см.*, n = 1000 *об. мин.*

Решение.

Число полюсов машины:

$$2p = \frac{120 \times f}{n} = \frac{6000}{1000} = 6$$

Полюсное деление машины:

$$\tau = \frac{\pi \times Di}{2p} = \frac{3{,}14 \times 15{,}8}{6} = 8{,}27 \text{ см.}$$

По данным рисунка:

при $2p = 6$ и $\tau = 8{,}27$ *см*., примем $K \approx 1{,}6$

Приближенная мощность машины на валу:

$$P = \frac{K \times Di^2 \times L \times n}{10^6} = \frac{1{,}6 \times 15{,}8^2 \times 16 \times 1000}{1000000} = \frac{1{,}6 \times 249{,}64 \times 16 \times 1000}{1000000} = \frac{6390784}{1000000} \approx 6{,}39 \text{ кВт.}$$

Обратите внимание, итоговая цифра – это приблизительная мощность на валу двигателя. То есть та мощность, которая указывается в документации на двигатель и в паспорте прикрепляемом к двигателю. При определении окончательной мощности, для не специальных моторов, следует пользоваться рядом номиналов мощностей указанных в стандартах. Так, например, полученные значения в 39,75 или 6,39 *кВт* вероятно ошибочны, так как такого номинала в стандарте нет. При приближении к стандарту получим 40 и 6,3 *кВт* соответственно. Следует так же, для сравнения полученного расчета, ориентироваться на доступную документацию по электродвигателям, где указаны мощности электродвигателей с размерами статоров, с их длинами, диаметрами внешними и внутренними и другими полезными данными. Окончательно мощность определится при расчете и в особенности при внимательном расчете заполения паза медью.

Ниже приводится таблица номинальных мощностей по ГОСТ 12139-84 "Машины электрические вращающиеся, ряды номинальных мощностей напряжений и частот", в соответствии с которым выпускаются двигатели общего применения. Двигатели специального применения, не общепромышленного, а так же старых годов выпуска могут не отвечать приведенному стандарту.

Как известно мощность двигателя ограничена только одним обстоятельством – нагревом. Например, двигатель номинальной мощностью 11 *кВт* может нести нагрузку 17 *кВт* при кратковременном режиме ПВ15%, а при ПВ100% – 10 *кВт*. Все двигатели сконструированы с учетом продолжительности их работы указываемой в паспорте мотора. В зависимости от продолжительности включения и нагрузки значения *кпд* и *cosφ* различны. При вновь выполняемом расчете по имеющемуся статору, помимо очевидных данных, необходимо понимать условия работы ремонтируемого двигателя, здесь может применятся только умение расчетчика, ориентирующегося во множестве задаваемых переменных при расчете новой обмотки при ремонте, прежде всего в значения индукции в теле статора и воздушном зазоре, плотности тока в обмотке и тех допущений которые не возможно отдельно учесть в формулах расчета. Следует иметь ввиду, что на протяжении времени эксплуатации двигателя электротехническая сталь, из которой набран сердечник, имеет свойство старения. Структура стали ухудшается прежде всего в части потерь, потери в стали несколько возрастают, уменьшается способность нести магнитную нагрузку, ухудшается изоляция между листами набора. Ухудшение магнитных свойств стали составляет примерно 4 - 8 % в год в зависимости от марки. От двигателя бывшего в эксплуатации несколько лет уже нельзя вновь получить паспортную мощность. В целом предельный срок эффективной эксплуатации стали статора, ротора электродвигателя можно принять в 20 лет.

Вт				кВт				
0,025	0,16	1,6	16	0,12	1,1	11	110	(1120)
0,060	0,25	2,5	25	0,18	1,5	(13)	(125)	1250
	0,4	4,0	40	0,25	(1,8)	15	132	(1400)
	0,60	6,0	60	0,37	2,2	(17)	150	1600
			90	0,55	3,0	18,5	160	(1800)
				0,75	3,7	(20)	185	2000
					4,0	22	200	(2250)
					5,5	(25)	220	2500
					6,3	30	250	(2800)
					7,5	(33)	280	3150
					(9)	37	300	3550
						(40)	315	4000
						45	335	(4500)
						(50)	355	5000
						55	375	(5600)
						63	400	6300
						75	425	(7100)
						(80)	450	8000
						90	475	(9000)
							500	
							530	
							560	
							600	
							630	
							670	
							710	
							750	
							800	
							850	
							900	
							950	

Ряды номинальных мощностей электродвигателей.

Значения, указанные в скобках, являются малоупотребительными.